

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-199303

(43)Date of publication of application : 17.08.1988

(51)Int.Cl.

G02B 6/00
C03B 37/014
G02B 6/00

(21)Application number : 62-032661

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 16.02.1987

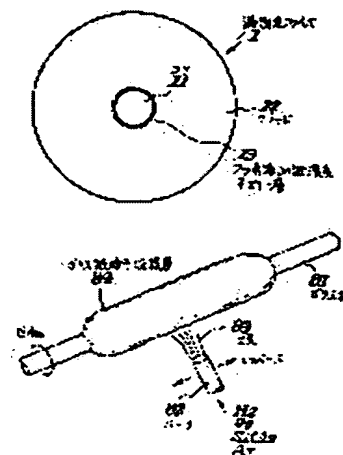
(72)Inventor : YAMAUCHI RYOZO
TANAKA TAIICHIRO

(54) LEAKY OPTICAL FIBER AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To permit leakage of light propagating in an optical fiber and coupling or external light to a propagation mode by forming a layer added with fluorine at nonuniform concns. near to the boundary between a core and clad.

CONSTITUTION: The layer 13 added with the fluorine at the nonuniform concns. is provided to the entire circumference or part of the circumference near the boundary of the core 11 and the clad 12 of the leaky optical fiber 1. This fiber 1 is produced by forming a deposited layer 84 of fine particles of glass around a glass rod 81 consisting of, for example, pure quartz by a flame 83 contg. hydrogen, oxygen, silicon tetrachloride and argon and subjecting the layer to a heat treatment in a fluorine-contg. atmosphere, then spinning the rod. Leading of the light propagating in the optical fiber and coupling of the external fiber to the propagation mode of the optical fiber are permitted if such fiber 1 is sued.



⑫ 公開特許公報(A)

昭63-199303

⑤ Int.Cl.⁴G 02 B 6/00
C 03 B 37/014
G 02 B 6/00

識別記号

3 2 6

3 5 6

庁内整理番号

7370-2H

Z-7344-4G

A-7370-2H

④ 公開 昭和63年(1988)8月17日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑭ 発明の名称 漏洩光ファイバとその製造方法

⑰ 特 願 昭62-32661

⑱ 出 願 昭62(1987)2月16日

⑲ 発 明 者 山 内 良 三 千葉県佐倉市六崎1440番地 藤倉電線株式会社佐倉工場内
 ⑲ 発 明 者 田 中 大 一 郎 千葉県佐倉市六崎1440番地 藤倉電線株式会社佐倉工場内
 ⑲ 出 願 人 藤倉電線株式会社 東京都江東区木場1丁目5番1号
 ⑲ 代 理 人 弁理士 佐藤 祐介

明 細 書

1. 発明の名称

漏洩光ファイバとその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) コア・クラッド境界付近にフッ素添加濃度の不均一な層が形成されていることを特徴とする漏洩光ファイバ。

(2) コア・クラッド境界付近のフッ素添加濃度の不均一な層は、光ファイバ周囲方向の全部に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の漏洩光ファイバ。

(3) コア・クラッド境界付近のフッ素添加濃度の不均一な層は、光ファイバ周囲方向の一部に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の漏洩光ファイバ。

(4) 透明なガラス棒上に粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以上のガラス微粒子を含むガラス微粒子を堆積させる工程と、次にこの得られたガラス棒及びガラス微粒子堆積層の複合プリフォームをフッ素含有雰囲気下で熱処理する工程とを有することを特徴とする漏洩光

ファイバの製造方法。

(5) 透明なガラス棒は、純粋な石英ガラスに対して0.1%の屈折率差を与える添加物濃度以下の濃度で添加物を含む石英系ガラスまたは純粋石英ガラスであることを特徴とする特許請求の範囲第4項記載の漏洩光ファイバの製造方法。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

この発明は、漏洩光ファイバとその製造方法に関する。

【従来の技術】

従来では、導体を用いた信号伝送線路について、漏洩同軸ケーブルが知られている。この漏洩同軸ケーブルは、同軸線路の外側金属外被にケーブル全長にわたって間欠的にスリット状の孔を設けたもので、この孔により同軸ケーブル中を伝播する信号を長さ方向に少しずつ漏らしたり、外部からの信号を任意の箇所と同軸ケーブル中に取り入れて伝播させたりすることができるようにしたものである。

【発明が解決しようとする問題点】

しかしながら、光信号の伝送路である光ファイバについては、このような、光ファイバの長さ方向の任意の位置から、光ファイバ中を伝播している光を取り出したり、外部からの光を伝播モードに結合したりすることができる漏洩光ファイバとして、有効なものが確立されていない。これは、従来においては、光ファイバは低損失化の方向でしか研究がなされてこなかったからである。すなわち、光ファイバ中を伝播する光信号は、その伝播途中ではなるべく漏洩させず、送信端から受信端まで低損失で伝播させることができる光ファイバのみが主に研究されてきたからである。

この発明は、光ファイバ中を伝播する光を光ファイバの長さ方向の任意箇所でも漏洩させたり外部の光を光ファイバの伝播モードに結合させたりできる、漏洩光ファイバを提供するとともに、そのような漏洩光ファイバを簡単・確実に製造できる製造方法を提供することを目的とする。

【問題点を解決するための手段】

-3-

ろん、コアにもフッ素を添加することを妨げるものではなく、必要に応じてコアにもクラッドにもフッ素を添加して構わない)を作製する1つの有力な方法として、従来より次のような方法が知られている。

まず第1に、コアとなるべき透明なガラス棒を準備する。このガラス棒の材料としては、純粋な石英ガラス、あるいは、必要量の添加物(たとえば、ゲルマニウム、リン、少量のフッ素など、一般に石英系ガラス光ファイバの作製に使用されているもの)を添加した石英ガラスを使用できる。

次に、火炎加水分解法もしくは熱酸化法などによりガラス微粒子を発生させ、これを上記のガラス棒の上に堆積させる。

さらに、このようなガラス微粒子の堆積によって得た複合プリフォーム(中心の透明なガラス棒の周囲にガラス微粒子層を有するプリフォーム)を、高温のフッ素含有雰囲気下で熱処理することによりガラス微粒子中にフッ素を添加するとともに、次の工程で、さらに高温雰囲気とし、全体に

この発明による漏洩光ファイバは、コア・クラッド境界付近にフッ素添加濃度の不均一な層が形成されていることを特徴とする。

また、本発明の漏洩光ファイバの製造方法は、透明なガラス棒上に粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以上のガラス微粒子を含むガラス微粒子を堆積させる工程と、次にこの得られたガラス棒及びガラス微粒子堆積層の複合プリフォームをフッ素含有雰囲気下で熱処理する工程とを有することを特徴とする。

【作 用】

光ファイバにおいて、コア・クラッド境界付近にフッ素添加濃度の不均一な層が形成されていると、フッ素添加濃度の不均一に起因する屈折率のゆらぎが残留し、散乱損失が増加する。この散乱光は外部に漏洩し、また外部の光は光ファイバ中の伝播モードと結合する。したがって、このようなフッ素添加濃度の不均一な層が長さ方向に形成されている光ファイバは、漏洩光ファイバとして使用することができる。

クラッドにフッ素を添加した光ファイバ(もち

-4-

透明ガラス棒とし、これによって光ファイバプリフォームを得る。

本発明者らは、上記のような従来のフッ素添加光ファイバの製造方法の研究に従事するうち、数多くの実験の結果、堆積するガラス微粒子の粒径と最終的な光ファイバの損失とが非常に大きな相関を有することを見いだした。すなわち、ガラス微粒子の粒径を変えて堆積しガラス棒及びガラス微粒子堆積層の複合プリフォームを作り、この複合プリフォームを経由して光ファイバを作製し、ガラス微粒子の粒径に対する損失を測定してみたところ、第8図のような結果が得られた。この第8図から、光ファイバの損失と堆積するガラス微粒子の粒径との間には相関が見られ、平均粒径 $0.15\mu\text{m}$ 以上とすることにより、光ファイバの損失が急激に増大することが分かった。

この理由として、次のような解釈をすることが可能である。第9図のように透明なガラス棒81の上にガラス微粒子層84が堆積されている場合を考えると、各ガラス微粒子85の大きさや、ガ

-5-

-6-

ラス棒 81 への接着もしくは融着の仕方により、次工程であるフッ素添加工程でのフッ素の拡散の様子が異なるものと思われる。たとえば、第 9 図のようにガラス微粒子 85 の大きさが異なる場合、非常に大きい粒径のものについてはフッ素はその内部にまで侵入することができず、フッ素濃度は斜線で示したような部分で高くなり、すなわち外側の部分で高く、内部で低くなって、均一にならない。これは、石英ガラス中のフッ素の拡散距離が、通常の加熱条件ではせいぜい $0.1\mu\text{m}$ 程度と推定されるからである。そのため、粒径の大きなガラス微粒子が透明ガラス棒の表面に付着した場合、最終的に得られる光ファイバのコア・クラッド間の境界面にフッ素添加濃度の不均一による屈折率のゆらぎが残留してしまう。このようなコア・クラッド境界での屈折率のゆらぎが残留すると、いわゆる散乱損失増加が生じ、漏洩光ファイバとして使用できる。

このように本発明者らの実験（第 8 図）では、粒径の大きいガラス微粒子を堆積させることによ

り光ファイバからの散乱光の量を増大させることができるとの結論に至った。ガラス棒のごく近傍に堆積したガラス微粒子を電子顕微鏡で観察すると、 $0.5\mu\text{m}$ 以上の粒径のガラス微粒子が数多くコア・クラッド境界面付近に堆積するような製造条件で作製したプリフォームから紡糸した光ファイバでは、かなり均一に伝播モードと外部光とが結合し、しかも平均的な粒径は必ずしも大きくなくてもよく粒径分布が広がっていてもよいことが分かった。もちろん、このような粒径の大きい条件で作製した光ファイバの伝送損失は、コア・クラッド境界付近で屈折率のゆらぎが全くない光ファイバと比べて大きくなるが、これはこの光ファイバが漏洩光ファイバである以上当然のことである。

このような粒径の大きなガラス微粒子の堆積はガラス棒の近傍のみで十分であり、堆積層の全体で粒径を大きくする必要はない。たとえば最終的な光ファイバのコア径が $12\mu\text{m}$ の場合、粒径の大きなガラス微粒子の堆積層から形成したクラッドガラス層の厚さがコア径の 2 分の 1 ないしコア

-7-

径と同程度の厚みとなっていればよい。クラッド部のこの厚みよりも外側のガラスは、通常の条件により平均的な粒径が $0.1\mu\text{m}$ かそれ以下の大きさのガラス微粒子堆積層から作製しても構わないのである。

【実施例】

第 1 図はこの発明の一実施例にかかる漏洩光ファイバ 1 を示すもので、この図に示すように、コア 11 とクラッド 12 との境界付近にフッ素の添加物濃度が不均一にされた層 13 が設けられている。このような添加物濃度不均一層 13 では屈折率のゆらぎが生じ、これによって損失が増大し、光ファイバ 1 のコア 11 中を伝播する光が漏れることになる。また、逆に外部の光はこの添加物濃度不均一層 13 を介して光ファイバ 1 中の伝播モードと結合することができる。

そこで、このような漏洩光ファイバ 1 は、第 2 図に示すように光ファイバ長さ方向の任意箇所て光を取り出すことができる。すなわち、この第 2 図で、漏洩光ファイバ 1 の一端に光源 2 からの光

-8-

をレンズ 3 を介して入射すれば、この光ファイバ 1 中を伝播する光は光ファイバ 1 の長さ方向にわたって漏洩するので、その任意位置からレンズ 4 などを通して漏洩光を集束し、受光器 5 に導いて信号を受光回路 6 に送ることができる。

また、逆に、第 3 図に示すように送信回路 7 に接続された光源 2 を漏洩光ファイバ 1 の長さ方向任意箇所に置き、レンズ 3 などを通して光ファイバ 1 の周囲から光を入射させて、光ファイバ 1 中の伝播モードに結合することもできる。こうして光ファイバ 1 中を伝播した光は一端より出射し、レンズ 4 を介して受光器 5 に導かれる。

なお、漏洩光ファイバ 1 の全周において光が漏洩するので、第 4 図に示すように、円筒型の受光器 51 を用いるようにすれば効率よく受光できる。図示しないが第 3 図のような場合において円筒型の光源を用いた場合も同様である。

また、第 1 図の漏洩光ファイバ 1 では、フッ素添加物濃度の不均一な層 13 は光ファイバ 1 の全周に形成されているが、第 5 図のように周囲方向

-9-

-10-

の一部に形成するようにしてもよい。この場合、その濃度不均一層13が形成されている方向でのみ光結合が可能であるから、その方向に受光器または光源を配置することにより効率のよい光結合ができる。

このような漏洩光ファイバにおいて伝送損失が大きいものほど外部への漏れ光量が大きいので、その分伝播途中での光の減衰が大きいことになり、伝送距離は短くなる。そこで、どの程度の光を外部に漏洩させるかは、伝送距離と光ファイバ外部の受光器の受信能力によって決定する。非常に簡単な近似では、光ファイバの伝送損失の大部分がこのコア・クラッド境界付近での散乱損失によるとして、

$$P_o > P_i \times \exp(-\alpha L) \times \alpha \cdot \Delta L \times C$$

でなければならない。ここで、 P_o は最低受信電力、 P_i は入射電力、 α は光ファイバの伝送損失係数(neper/m)、 L は入射端からの距離、 ΔL は光の受信に寄与している光ファイバの長さ、 C は実際に受光器に結合している光の割合である。たとえば、

-11-

スである。この堆積中のガラス微粒子堆積層の最高表面温度を測定したところ、1320℃であった。

つぎに、原料ガス流量とともに酸素及び水素の流量も減少させて引き続いてガラス微粒子の堆積を行い、最終的に、直径100mmの(ガラス棒81及びその上のガラス微粒子堆積層84からなる)複合プリフォームを作製した。

この複合プリフォームを、炉温度1000℃の加熱炉内で、フッ素含有ガスである六フッ化硫黄とヘリウムガスの混合ガス雰囲気下で熱処理した。熱処理時間は約2時間とした。この熱処理は第1段階のもので、その作用は、フッ素をクラッド内に添加するために多孔質ガラス部分にフッ素含有ガスを浸透させることにある。また、この第1段階の温度下では、六フッ化硫黄等のフッ素含有ガスはそのかなりの部分が分解しており、ある程度活性化されたフッ素原子が生成されていると考えられ、そのフッ素によりガラス中に残留しているOH基を除去する効果もある。

-13-

第2図の例で、入射電力 $P_i = 1 \text{ mW}$ 、漏洩光ファイバ1の $\alpha = 20 \text{ neper/km}$ 、 $L = 0.1 \text{ km}$ 、 $\Delta L = 0.0001 \text{ km}$ 、 $C = 0.1$ とした場合、受光器5の受信できる最低電力 $P_o = -45 \text{ dBm}$ が必要となる。

つぎにこのような漏洩光ファイバの製造方法について説明する。まず第6図のように、透明なガラス棒81の周囲に、バーナ82の火炎83中で生成されたガラス微粒子を付着して、ガラス微粒子堆積層84を形成する。この実施例では、ガラス棒81として、透明でかつ滑らかな表面を有する直径10mmの純粋石英ガラス棒を用いた。バーナ82に水素、酸素、四塩化珪素、アルゴンを送り込み、このバーナ82をガラス棒81の軸に平行に複数回往復トラバースさせて、厚さが15mmになるまで粒径のおおきなガラス微粒子を堆積させた。このときの各ガスの流量条件は、水素：8リットル/分、酸素：15リットル/分、四塩化珪素：300cc/分、アルゴン：500cc/分とした。水素は燃焼のための燃料であり、酸素は助燃剤、四塩化珪素はガラスとなる原料ガ

-12-

つぎの第2段階では、加熱炉の温度を約1520℃に上昇させ、上記のように第1段階の熱処理の終わった複合プリフォームを透明ガラス化する。このときも望ましくは、フッ素含有雰囲気、具体的にはたとえばヘリウム90部に対して六フッ化硫黄10部に設定された雰囲気とする。

このようにして作製したプリフォームから光ファイバを紡糸したところ、その伝送損失波長特性は第7図のようになった。

なお、ガラス微粒子の堆積方法としてはいくつかの方法が知られているが、上記では、水素や天然ガスを燃焼させて得られるような火炎中に、酸化反応もしくは加水分解反応により酸化物微粒子を生じるような原料を気体として送り込み、これによりガラス微粒子を発生させる方法を採用したわけである。この場合、ガラス原料ガスとしては、他に三塩化シラン、四塩化ゲルマニウム、オキシ塩化リン、三臭化ホウ素等の、Ⅲ属、Ⅳ属、Ⅴ属の金属ハロゲン化合物、一部水素化合物等を使用することができる。このようなガラス微粒子堆積方法

-14-

の場合、一般的には、発生するガラス微粒子の粒径とバーナの条件との間に、①バーナの温度を高くするほど粒径が大きくなる傾向がある、②酸化物を発生させる原料ガスの濃度を濃くするほど粒径が大きくなる傾向がある、③堆積ターゲットである成長中の複合プリフォームの表面までの距離が短いほど粒径が小さくなる傾向がある、④バーナで発生したガラス微粒子の流速が速いほど粒径が小さくなる傾向がある、というような関係があるので、これを利用することによって、堆積するガラス微粒子の粒径を制御することができる。

【発明の効果】

この発明の漏洩光ファイバによれば、光ファイバ中を伝播する光を光ファイバの長さ方向の任意箇所でも漏洩させたり外部の光を光ファイバの伝播モードに結合させたりできる。また、この発明の製造方法によれば、このような漏洩光ファイバを簡単・確実に製造できる。

4. 図面の簡単な説明

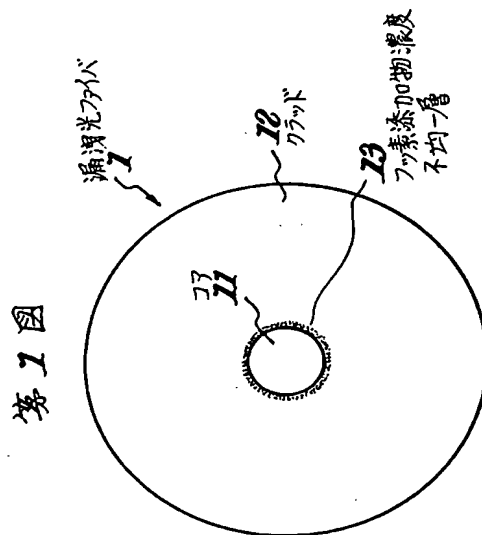
第1図はこの発明にかかる漏洩光ファイバの一

実施例の断面図、第2図、第3図及び第4図はこの漏洩光ファイバの使用例を示す模式的な斜視図、第5図は他の実施例の断面図、第6図はこの発明にかかる製造法の一実施例の模式的な斜視図、第7図は同実施例で得られた光ファイバの損失波長特性を示すグラフ、第8図は堆積したガラス微粒子の粒径と損失との相関関係を示すグラフ、第9図はフッ素濃度分布を表す拡大断面図である。

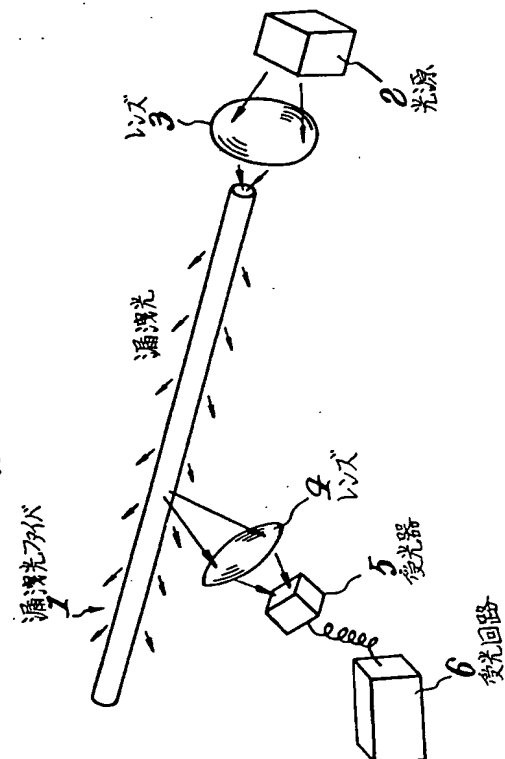
1…漏洩光ファイバ、2…光源、3、4…レンズ、5…受光器、6…受光回路、11…コア、12…クラッド、13…フッ素添加物濃度不均一層、81…ガラス棒、82…バーナ、83…火炎、84…ガラス微粒子堆積層、85…ガラス微粒子。

出願人 藤倉電線株式会社

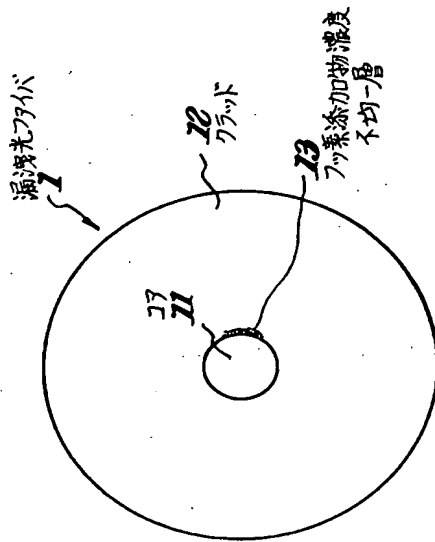
代理人 弁理士 佐藤祐介



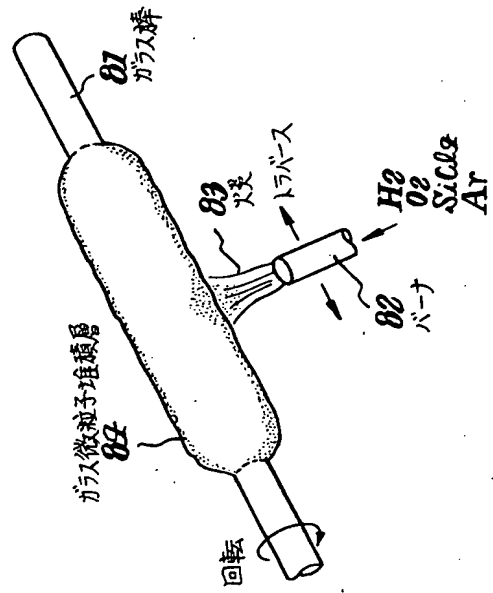
第2図



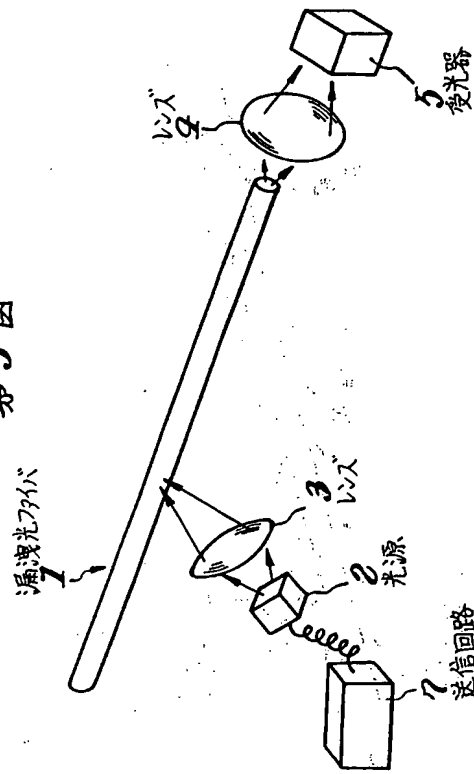
第5図



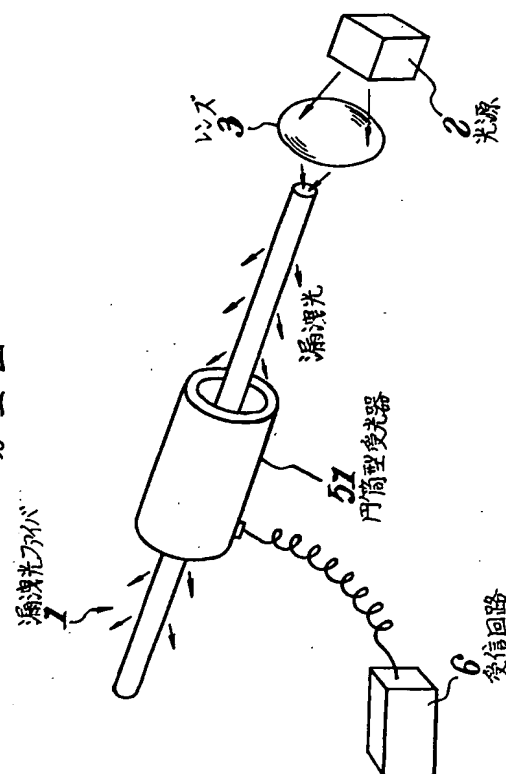
第6図



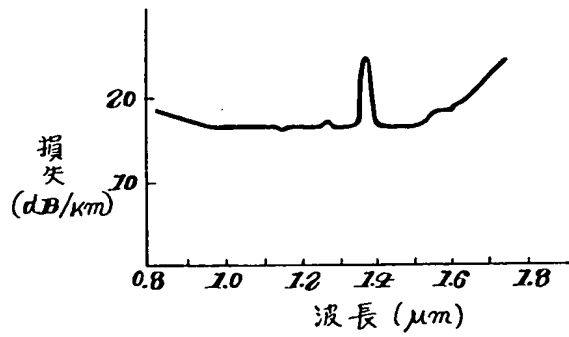
第3図



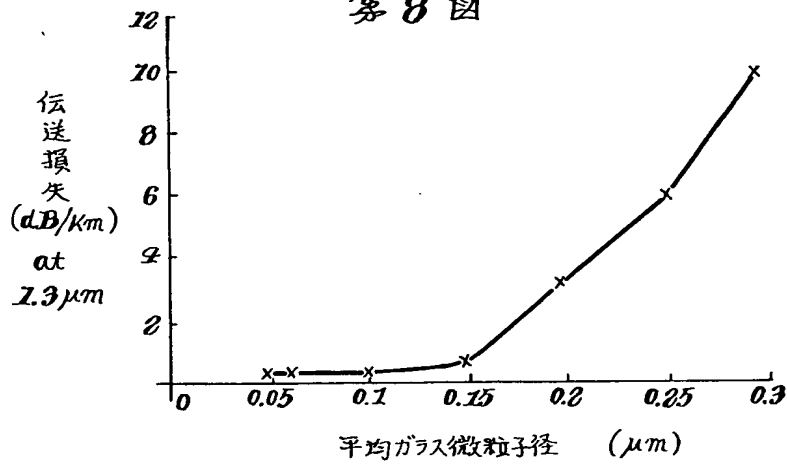
第4図



第7図



第8図



第9図

